

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

(21) **Patentschrift**
(10) **DE 195 32 244 C 2**

(5) Int. Cl.⁶:
B 23 P 13/00
B 21 C 23/08
C 22 C 21/02
C 22 F 1/05

(21) Aktenzeichen: 195 32 244.4-14
(22) Anmeldetag: 1. 9. 95
(43) Offenlegungstag: 6. 3. 97
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 2. 7. 98

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(73) Patentinhaber:
PEAK-Werkstoff GmbH, 42553 Velbert, DE

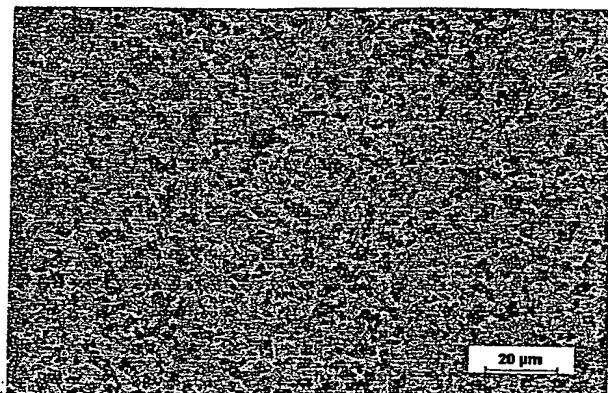
(72) Erfinder:
Commandeur, Bernhard, Dipl.-Ing., 42489 Wülfrath,
DE; Hummert, Klaus, Dipl.-Phys., 48653 Coesfeld,
DE; Schattevoy, Rolf, Dipl.-Ing., 42115 Wuppertal,
DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

| | |
|----|---------------|
| DE | 42 30 228 C1 |
| DE | 27 09 844 A1 |
| EP | 06 35 318 A1 |
| EP | 05 29 520 A1 |
| EP | 05 18 815 A1 |
| EP | 03 41 714 A1 |
| JP | 63-1 83 141 A |
| JP | 63-1 83 140 A |

(54) Verfahren zur Herstellung von dünnwandigen Rohren (I)

(55) Verfahren zur Herstellung von dünnwandigen Rohren aus einem warmfesten und verschleißfesten Leichtmetallwerkstoff, insbesondere für Zylinderlaufbuchsen von Verbrennungsmotoren, umfassend das Sprühkomprimieren einer Legierungsschmelze oder das Warm- bzw. Kaltverdichten einer Pulvermischung bzw. eines legierten Pulvers, welches über Luft- oder Inertgasverdüsung in einer Partikelgröße von kleiner 250 µm erhalten wurde, zu Bolzen oder Rohrluppen aus einem übereutektischen Al-Si-Material, wobei die enthaltenen Si-Primärteilchen eine Größe von 0,5 bis 20 µm, vorzugsweise eine Größe von 1 bis 10 µm besitzen, und das Umformen dieser Bolzen oder Rohrluppen, dadurch gekennzeichnet, daß
– diese Bolzen oder Rohrluppen im Bedarfsfall zur Vergrößerung der enthaltenen Si-Primärteilchen vor dem Umformen einer Überalterungsglühung unterzogen werden, wobei die Si-Primärteilchen zu einer Größe von 2 bis 30 µm anwachsen, danach
– die auf Strangpreßtemperatur von 300 bis 550°C gehaltenen Bolzen oder Rohrluppen zu dickwandigen Rohren von 6 bis 20 mm Wandstärke zunächst stranggepreßt werden und abschließend
– die Wandstärke der dickwandigen Rohre durch einen weiteren Warmumformverfahrensschritt bei Temperaturen von 250 bis 500°C auf 1,5 bis 5 mm reduziert wird.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von dünnwandigen Rohren, welche aus einem warmfesten und verschleißfesten Leichtmetallwerkstoff bestehen, insbesondere zum Einsatz als Zylinderlaufbuchsen für Verbrennungsmotoren gemäß den Merkmalen im Oberbegriff von Patentanspruch 1.

Laufbuchsen sind dem Verschleiß ausgesetzte Bauteile, die in die Zylinderöffnungen der Kurbelgehäuse des Verbrennungsmotors eingesetzt, eingepreßt oder eingegossen werden.

Die Zylinderlaufflächen eines Verbrennungsmotors sind starken Reibbeanspruchungen durch den Kolben bzw. durch die Kolbenringe und örtlich auftretenden hohen Temperaturen ausgesetzt. Es ist daher erforderlich, daß diese Flächen aus verschleißfesten und warmfesten Materialien bestehen.

Um dieses Ziel zu erreichen, gibt es u. a. zahlreiche Verfahren, die Oberfläche der Zylinderbohrung mit verschleißfesten Beschichtungen zu versehen. Eine andere Möglichkeit besteht darin, eine Laufbuchse aus einem verschleißfesten Material im Zylinder anzuordnen. So wurden u. a. Graugußlaufbuchsen verwendet, die aber eine im Vergleich zu Aluminium-Werkstoffen geringere Wärmeleitfähigkeit besitzen und andere Nachteile aufweisen.

Das Problem wurde vorerst durch einen gegossenen Zylinderblock aus einer übereutektischen AlSi-Legierung gelöst. Aus gießtechnischen Gründen ist der Silizium-Gehalt auf maximal 20 Gew.-% begrenzt. Als weiterer Nachteil des Gießverfahrens ist festzuhalten, daß während der Erstarrung der Schmelze Silizium-Primärteilchen mit verhältnismäßig großen Abmessungen (ca. 30–80 µm) ausgeschieden werden. Aufgrund der Größe und ihrer winkligen und scharfkantigen Form führen sie zu Verschleiß an Kolben und Kolbenringen. Man ist daher gezwungen, die Kolben und die Kolbenringe durch entsprechende Überzüge/Beschichtungen zu schützen. Die Kontaktfläche der Si-Teilchen zum Kolben/Kolbenring wird durch mechanische Bearbeitung eingeebnet. Einer solchen mechanischen Bearbeitung schließt sich dann eine elektrochemische Behandlung an, wodurch die Aluminiummatrix zwischen den Si-Körnern leicht zurückgesetzt wird, so daß die Si-Körner als Traggerüst aus der Zylinderlauffläche geringfügig herausragen. Der Nachteil derart gefertigter Zylinderlaufbahnen besteht zum einen in einem beachtlichen Herstellungsaufwand (teure Legierung, aufwendige mechanische Bearbeitung, eisenbeschichtete Kolben, armierte Kolbenringe) und zum anderen in der mangelhaften Verteilung der Si-Primärteilchen. So gibt es große Bereiche im Gefüge, die frei von Si-Teilchen sind und somit verstärktem Verschleiß unterliegen. Um diesen Verschleiß zu vermeiden, ist ein relativ dicker Ölfilm als Trennmedium zwischen Laufbahn und Reibpartnern erforderlich. Für die Einstellung der Ölfilmdicke ist u. a. die Freilegungstiefe der Si-Teilchen entscheidend. Ein verhältnismäßig dicker Ölfilm führt zu höheren Reibungsverlusten in der Maschine und zu einer stärkeren Erhöhung der Schadstoffemission.

Demgegenüber ist ein Zylinderblock gemäß DE 42 30 228 C1 der aus einer untereutektischen AlSi-Legierung gegossen und mit Laufbuchsen aus übereutektischen AlSi-Legierungsmaterial versehen wird, kostengünstiger. Die zuvor genannten Probleme werden aber auch hier nicht gelöst.

Um die Vorteile der übereutektischen AlSi-Legierungen als Laufbuchsenmaterial nutzen zu können, ist das Gefüge hinsichtlich der Si-Körner zu verändern. Aluminiumgießungen, die gießtechnisch nicht realisierbar sind, können bekanntlich durch pulvemetallurgische Verfahren oder Sprüh-

kompaktieren maßgeschneidert hergestellt werden.

So sind auf diese Weise übereutektische AISI-Legierungen herstellbar, die aufgrund des hohen Si-Gehaltes, der Feinheit der Si-Teilchen und der homogenen Verteilung eine sehr gute Verschleißfestigkeit besitzen und durch Zusatzelemente wie beispielsweise Fe, Ni oder Mn die erforderliche Warmfestigkeit erhalten. Die in diesen Legierungen vorliegenden Si-Primärteilchen haben eine Größe von ca. 0,5 bis 20 µm. Damit sind die auf diese Weise hergestellten Legierungen geeignet für einen Laufbuchsenwerkstoff.

Obwohl Aluminium-Legierungen im allgemeinen leicht zu verarbeiten sind, ist das Umformen dieser übereutektischen Legierungen problematisch. Aus der EP 0 635 318 A1 ist ein Verfahren zum Herstellen von Laufbuchsen aus einer übereutektischen AlSi-Legierung bekannt. Hier wird die Laufbuchse durch Strangpressen bei sehr hohen Drücken und Strangpreßgeschwindigkeiten von 0,5 bis 12m/min gefertigt. Um kostengünstig durch Strangpressen Laufbuchsen auf Endmaß zu produzieren, sind sehr hohe Preßgeschwindigkeiten notwendig. Es hat sich gezeigt, daß bei derartig schwer preßbaren Legierungen und den zu erzielenden geringen Wandstärken der Laufbuchsen die hohen Preßgeschwindigkeiten zum Aufreißen der Profile beim Strangpressen führen.

25 Die Aufgabe der Erfindung besteht daher darin, ein verbessertes, kostengünstiges Verfahren zur Herstellung von dünnwandigen Röhren, insbesondere für Zylinderlaufbuchsen von Verbrennungsmotoren, zur Verfügung zu stellen, wobei die gefertigten Laufbuchsen die geforderten Eigenschaftsverbesserungen bezüglich Verschleißfestigkeit, Warmfestigkeit und Reduzierung der Schadstoffemissionen aufweisen sollen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Verfahren mit den im Patentanspruch 1 angegebenen Verfahrensschritten gelöst.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die erforderlichen tribologischen Eigenschaften werden insbesondere dadurch erreicht, daß Silizium-Partikel als Primärabscheidungen in einem Größenbereich von 0,5 bis 20 µm, oder als zugesetzte Partikel in einem Größenbereich bis 80 µm im Werkstoff vorhanden sind. Zur Herstellung solcher Al-Legierungen müssen Verfahren angewendet werden, die eine weit höhere Erstarrungsgeschwindigkeit einer hochlegierten Schmelze erlauben, als es mit konventionellen Gießverfahren möglich ist.

Dazu gehört einerseits das Sprühkompatierverfahren (im nachfolgenden "Sprühkompatieren"). Zur Erzielung der gewünschten Eigenschaften wird eine mit Silizium 50 hochlegierte Aluminium-Legierungsschmelze verdüst und im Stickstoffstrahl mit einer Abkühlgeschwindigkeit von 1000°C/s abgekühlt. Die teilweise noch flüssigen Pulverteilen werden auf einen rotierenden Teller gesprührt. Der Teller wird während des Vorganges kontinuierlich abwärts bewegt. Durch die Überlagerung beider Bewegungen entsteht 55 ein zylindrischer Bolzen, der Abmessungen von ca. 1000 bis 3000 mm Länge bei einem Durchmesser von bis zu 400 mm hat. Aufgrund der hohen Abkühlgeschwindigkeiten entstehen in diesem Sprühkompatierprozeß Si-Primärausscheidungen bis zu 20 µm Größe. Eine Anpassung der Si-Aus- 60 scheidungsgröße erreicht man durch das "Gas zu Metall-Verhältnis" (Normkubikmeter Gas pro Kilogramm Schmelze), mit dem die Erstarrungsgeschwindigkeit im Prozeß eingestellt werden kann. Aufgrund der Erstarrungsgeschwindigkeiten und der Übersättigung der Schmelze können Si-Gehalte der Legierungen bis zu 40 Gew.-% realisiert 65 werden. Aufgrund der schnellen Abschreckung der Aluminium-Schmelze im Gasstrahl wird der Übersättigungszu-

stand im erhaltenen Bolzen quasi "eingefroren".

Alternativ zur Bolzenherstellung können durch das Sprühkomprimieren auch dickwandige Rohrluppen mit Innendurchmessern von 50–120 mm und einer Wandstärke bis zu 250 mm hergestellt werden. Dazu wird der Partikelstrahl nach der Verdüstung auf ein horizontal um seine Längsachse rotierendes Trägerrohr gerichtet und dort komprimiert. Durch einen kontinuierlichen und geregelten Vorschub in horizontaler Richtung wird auf diese Weise eine Rohrluppe hergestellt, die als Vormaterial für die Weiterverarbeitung durch Rohrstrangpressen und/oder andere Warmumformverfahren dient. Das o.g. Trägerrohr besteht aus einer konventionellen Aluminium-Knetlegierung oder aus der gleichen Legierung, wie sie durch das Sprühkomprimieren hergestellt wird (artgleich).

Der Sprühkomprimierprozeß bietet weiterhin die Möglichkeit, über einen Partikelinjektor Teilchen in den Bolzen oder in die Rohrluppe einzubringen, die nicht in der Schmelze vorhanden waren. Da diese Teilchen eine beliebige Geometrie und eine beliebige Größe zwischen 2 µm und 400 µm aufweisen können, bestehen eine Vielzahl von Einstellungsmöglichkeiten für ein Gefüge. Diese Teilchen können z. B. Si-Partikel im Bereich von 2 µm bis 400 µm oder oxidkeramische Teilchen (z. B. Al₂O₃) oder nicht oxidkeramische Teilchen (z. B. SiC, B₄C, etc.) im vorgenannten Teilchengrößenspektrum sein, wie sie kommerziell erhältlich und für den tribologischen Aspekt sinnvoll sind.

Eine weitere Möglichkeit, eine geeignete Gefügeausbildung zu erzeugen, besteht in der schnellen Erstarrung einer mit Silizium übersättigten Aluminium-Legierungsschlundze (im nachfolgenden "Pulverroute"). Dabei wird durch eine Luft- oder Inertgasverdüstung der Schmelze ein Pulver erzeugt. Dieses Pulver kann einerseits vollständig legiert sein, was bedeutet, daß sämtliche Legierungselemente in der Schmelze enthalten waren, oder das Pulver wird aus mehreren Legierungs- oder Elementpulvern in einem folgenden Schritt gemischt. Das vollständig legierte, oder das gemischte Pulver wird anschließend durch kaltisostatisches Pressen oder Heißpressen oder Vakuumheißpressen zu einem Bolzen oder einem dickwandigen Hohlzylinder (Rohrluppe) verpreßt.

Der Gefügezustand der sprühkomprimierten Bolzen/Rohrluppen oder der Bolzen/Rohrluppen, die über die Pulverroute hergestellt wurden, kann durch anschließende Überalterungsglühlungen geändert werden. Durch eine Glühung kann das Gefüge auf eine Si-Korngröße von 2 bis 30 µm eingestellt werden, wie sie für die geforderten tribologischen Eigenschaften wünschenswert ist. Das Heranwachsen größerer Si-Partikel während des Glühprozesses wird durch Diffusion im Festkörper auf Kosten kleinerer Si-Partikel bewirkt. Diese Diffusion ist abhängig von der Überalterungstemperatur und der Dauer der Glühbehandlung. Je höher die Temperatur gewählt wird, desto schneller wachsen die Si-Körner. Geeignete Temperaturen liegen bei etwa 500°C, wobei eine Glühdauer von 3–5 Stunden ausreichend ist.

Das so eingestellte und damit maßgeschneiderte Gefüge verändert sich bei den nachfolgenden Verfahrensschritten nicht mehr oder es verändert sich für die geforderten tribologischen Eigenschaften günstig.

Durch Warmumformen, vorzugsweise durch Strangpressen, wird aus dem Bolzenrohling, der über "Sprühkomprimieren" oder über die "Pulverroute" hergestellt wurde, ein dickwandiges Rohr mit einer Wandstärke von 6 bis 20 mm geformt. Dabei liegen die Strangpreßtemperaturen zwischen 300°C und 550°C.

Das Strangpressen dient nicht nur der Formgebung, sondern auch dazu, die Restporosität der sprühkomprimierten

Bolzen oder der sprühkomprimierten Rohrluppen (1–5%) bzw. der Bolzen oder der Rohrluppen, welche über die Pulverroute hergestellt wurden, (1–40%) zu schließen und das Material endgültig zu konsolidieren.

- 5 Die weitere, noch erforderliche Wanddickenreduzierung wird durch Rundkneten oder andere Warmumformverfahren bei Temperaturen von 250°C bis 500°C erzielt.

- Das auf die Endwanddicke geformte Rohr wird anschließend in Rohrabschnitte der geforderten Länge zerteilt.
10 Das erfindungsgemäße Verfahren hat den Vorteil, daß das Material für die Laufbuchse maßgeschneidert werden kann. Dem hohen Aufwand beim Strangpressen sowohl hinsichtlich Preßdruck, Preßgeschwindigkeit als auch Produktqualität wird durch den nachfolgenden zweiten Warmumformverfahrensschritt ausgewichen.

Beispiel 1

Eine Legierung der Zusammensetzung AlSi25 Cu2,5 Mg1
20 Ni1 wird bei einer Schmelzentemperatur von 830°C mit einem Gas/Metall-Verhältnis von 4,5 m³/kg (Normkubikmeter Gas pro Kilogramm Schmelze) nach dem Sprühkomprimierprozeß zu einem Bolzen komprimiert. Im sprühkomprimierten Bolzen liegen unter den genannten Bedingungen die
25 Si-Ausscheidungen im Größenbereich von 1 µm bis 10 µm (Gefüge Fig. 1). Der sprühkomprimierte Bolzen wird einer Glühbehandlung von 4h bei 520°C unterzogen. Nach dieser Glühbehandlung liegen die Si-Ausscheidungen im Größenbereich von 4 µm bis 30 µm. Durch Warmstrangpressen bei
30 420°C und einer Profilaustrittsgeschwindigkeit von 0,5 m/min in einem Kammerwerkzeug entsteht ein Rohr mit einem Außendurchmesser von 94 mm und einem Innendurchmesser von 69,5 mm (Gefüge Fig. 2). Die anschließende Warmumformung durch Rundkneten bei 420°C von
35 einem Außendurchmesser von 94mm auf einen Außen- durchmesser von 79mm und einem Innendurchmesser von 69mm, der durch einen Dorn geformt wird, führt zu keiner Gefügeänderung.

Beispiel 2

Eine Legierung der Zusammensetzung AlSi18 Fe3 Ni2
45 wird bei einer Schmelzentemperatur von 850°C mit einem Gas/Metall-Verhältnis von 2,0 m³/kg nach dem Sprühkomprimierprozeß zu einem Bolzen komprimiert. Dieser Legierung werden über den Partikelinjektor 20% Si-Partikel im Größenbereich von 40 µm bis 71 µm zugeführt. Durch den Prozeß kann ein homogenes Gefüge erzeugt werden (Gefüge Fig. 3). Da das gewünschte Gefüge über den Sprühkomprimierprozeß eingestellt wurde, ist eine Glühbehandlung nicht erforderlich. Durch Warmstrangpressen bei 450°C und einer Profilaustrittsgeschwindigkeit von 0,3 m/min in einem Kammerwerkzeug entsteht ein Rohr mit einem Außendurchmesser von 94mm und einem Innendurchmesser von 69,5 mm (Gefüge Fig. 4). Die anschließende Warmumformung durch Rundkneten bei 440°C von
55 einem Außendurchmesser von 94mm auf einen Außen- durchmesser von 79mm führt zu keiner Gefügeänderung.

Beispiel 3

Eine Legierung der Zusammensetzung AlSi25 Cu2,5 Mg1
60 Ni1 wird bei einer Schmelzentemperatur von 830°C mit Luft verdüst. Das entstehende Pulver wird gesammelt und kaltisostatisch bei einem Druck von 2700 bar zu einem Bolzen mit einem Außendurchmesser von 250mm und einer Länge von 350 mm gepreßt. Die Dichte des Bolzen beträgt 80% der theoretischen Dichte der Legierung. Die Si-Primär-

ausscheidungen liegen im Bereich von 1 µm bis 10 µm. Der kaltisostatisch gepreßte Bolzen wird einer Glühbehandlung von 4h bei 520°C unterzogen. Nach dieser Glühbehandlung liegen die Si-Ausscheidungen im Größenbereich von 2 µm bis 30 µm. Durch Warmstrangpressen bei 420°C und einer Profilaustrittsgeschwindigkeit von 0,5 m/min in einem Kammerwerkzeug wird das Material vollständig verdichtet und zu einem Rohr mit einem Außendurchmesser, von 94mm und einem Innendurchmesser von 69,5 mm umgeformt. Die anschließende Warmumformung durch Rundkneten bei 420°C von einem Außendurchmesser von 94mm auf einen Außendurchmesser von 79mm und einem Innendurchmesser von 69mm, der durch einen Dorn geformt wird, führt zu keiner Gefügeänderung.

Beispiel 4

Eine Legierung der Zusammensetzung AlSi25 Cu2,5 Mg1 Mn1 wird bei einer Schmelzentemperatur von 860°C mit einem Gas/Metall-Verhältnis von 2,5 m³/kg nach dem Sprühkomprimierverfahren zu einer Rohrluppe mit einem Außendurchmesser von 250 mm und einem Innendurchmesser von 80 mm kompaktiert. Dabei dient ein dünnwandiges Rohr mit einem Außendurchmesser von 84 mm bei 2 mm Wandstärke aus einer konventionellen Aluminium-Knetlegierung (AlMgSi0,5) als rotierendes Trägerrohr, auf das die oben genannte Legierung aufgesprührt wird. In der sprühkomprimierten Rohrluppe liegen unter den genannten Bedingungen die Silizium-Ausscheidungen im Größenbereich von 0,5 µm bis 7 µm. Um die Silizium-Ausscheidungen auf eine Größe von 2 bis 30 µm einzustellen, wird die sprühkomprimierte Rohrluppe einer Glühbehandlung von 5 h bei 520°C unterzogen. Durch Rohrstrangpressen bei 400°C und einer Profilaustrittsgeschwindigkeit von 1,5 m/min entsteht ein Rohr mit einem Außendurchmesser von 94 mm und einem Innendurchmesser von 69,5 mm. Hierbei wirkt sich insbesondere das Trägerrohrmaterial AlMgSi0,5 positiv auf die erforderlichen Preßkräfte und Geschwindigkeiten aus, da es zum Dorn hin als Schmiermittel agiert. Die anschließende Warmumformung durch Rundkneten bei 430°C von einem Außendurchmesser von 94 mm auf einen Außendurchmesser von 79 mm und einem Innendurchmesser von 69 mm, der durch einen Dorn geformt wird, führt zu keiner Gefügeänderung.

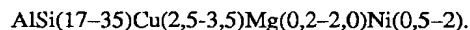
Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von dünnwandigen Rohren aus einem warmfesten und verschleißfesten Leichtmetallwerkstoff, insbesondere für Zylinderlaufbuchsen von Verbrennungsmotoren, umfassend das Sprühkomprimieren einer Legierungsschmelze oder das Warm- bzw. Kaltverdichten einer Pulvermischung bzw. eines legierten Pulvers, welches über Luft- oder Inertgasverdüsung in einer Partikelgröße von kleiner 250 µm erhalten wurde, zu Bolzen oder Rohrluppen aus einem übereutektischen AlSi-Material, wobei die enthaltenen Si-Primärteilchen eine Größe von 0,5 bis 20 µm, vorzugsweise eine Größe von 1 bis 10 µm besitzen, und das Umformen dieser Bolzen oder Rohrluppen, **durch gekennzeichnet**, daß
 - diese Bolzen oder Rohrluppen im Bedarfsfall zur Vergrößerung der enthaltenen Si-Primärteilchen vor dem Umformen einer Überalterungsglühung unterzogen werden, wobei die Si-Primärteilchen zu einer Größe von 2 bis 30 µm anwachsen, danach
 - die auf Strangpreßtemperatur von 300 bis

550°C gehaltenen Bolzen oder Rohrluppen zu dickwandigen Rohren von 6 bis 20 mm Wandstärke zunächst stranggepreßt werden und abschließend

- die Wandstärke der dickwandigen Rohre durch einen weiteren Warmumformverfahrensschritt bei Temperaturen von 250 bis 500°C auf 1,5 bis 5 mm reduziert wird.

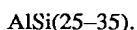
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Herstellung der Bolzen oder Rohrluppen eine Pulvermischung, ein legiertes Pulver oder eine Legierungsschmelze der folgenden Zusammensetzung eingesetzt wird:



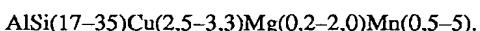
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Herstellung der Bolzen oder Rohrluppen eine Pulvermischung, ein legiertes Pulver oder eine Legierungsschmelze der folgenden Zusammensetzung eingesetzt wird:



4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Herstellung der Bolzen oder Rohrluppen eine Pulvermischung, ein legiertes Pulver oder eine Legierungsschmelze der folgenden Zusammensetzung eingesetzt wird:



5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Herstellung der Bolzen oder Rohrluppen eine Pulvermischung, ein legiertes Pulver oder eine Legierungsschmelze der folgenden Zusammensetzung eingesetzt wird:



6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß beim Sprühkomprimieren ein Teil des Siliziums über die Schmelze der eingesetzten AlSi-Legierung und ein Teil des Siliziums in Form von Si-Pulver mittels eines Partikelinjektors in den Bolzen oder die Rohrluppe eingebracht wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Überalterungsglühung zur Vergrößerung der Si-Primärteilchen bei Temperaturen von 460 bis 540°C über einen Zeitraum von 0,5 bis 10 Stunden vorgenommen wird.

8. Verfahren nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Warmumformen des dickwandigen Rohres durch Rundkneten oder Rundhämmern erfolgt.

9. Verfahren nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Warmumformen des dickwandigen Rohres durch Rohrwalzen mit Innenwerkzeug erfolgt.

10. Verfahren nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Warmumformen des dickwandigen Rohres durch Drückwalzen erfolgt.

11. Verfahren nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Warmumformen des dickwandigen Rohres durch Rohrziehen erfolgt.

12. Verfahren nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Warmumformen des dickwandigen Rohres durch Ringwalzen erfolgt.

13. Verfahren nach Anspruch 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das im Durchmesser und in der

DE 195 32 244 C 2

7

8

Wandstärke auf Endmaß geformte Rohr in Rohrabschnitte gewünschter Länge zerteilt wird.

14. Verwendung eines nach den Ansprüchen 1 bis 13 hergestellten Rohrabschnittes als Laufbuchse für Verbrennungsmotoren aus Leichtmetall.

5

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

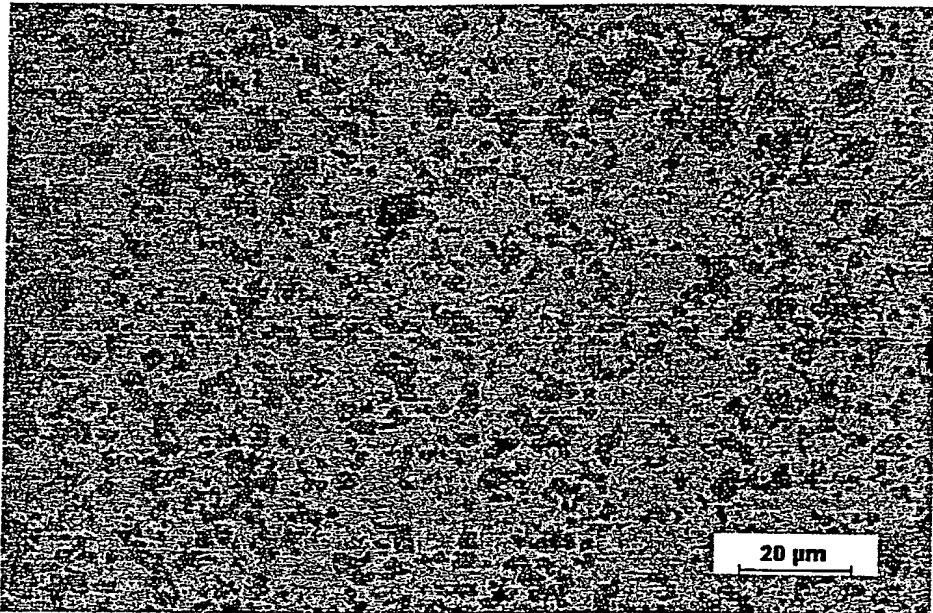


Fig. 1 : AlSi25Cu2,5Mg1Ni1 ; wie sprühkompaktiert

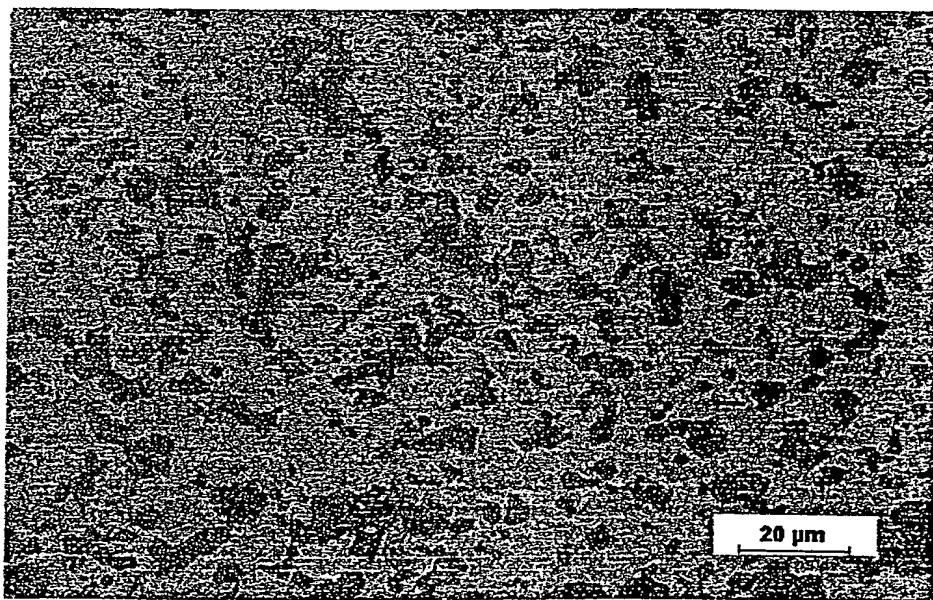


Fig. 2 : AlSi25Cu2,5Mg1Ni1 ; gegläüht, stranggepreßt

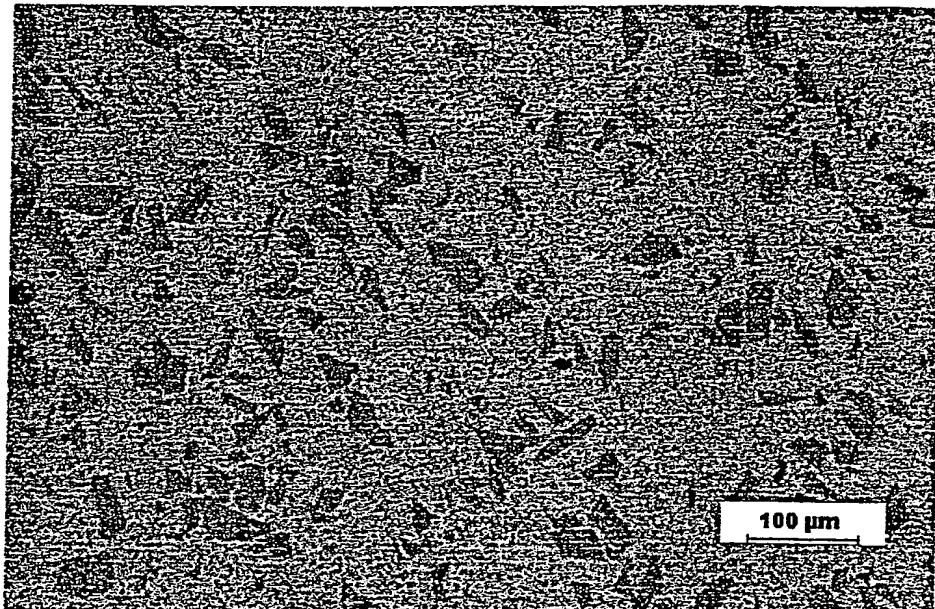


Fig. 3 : AlSi8Fe3Ni2 + 20%Si-Partikel; wie sprühkompaktiert

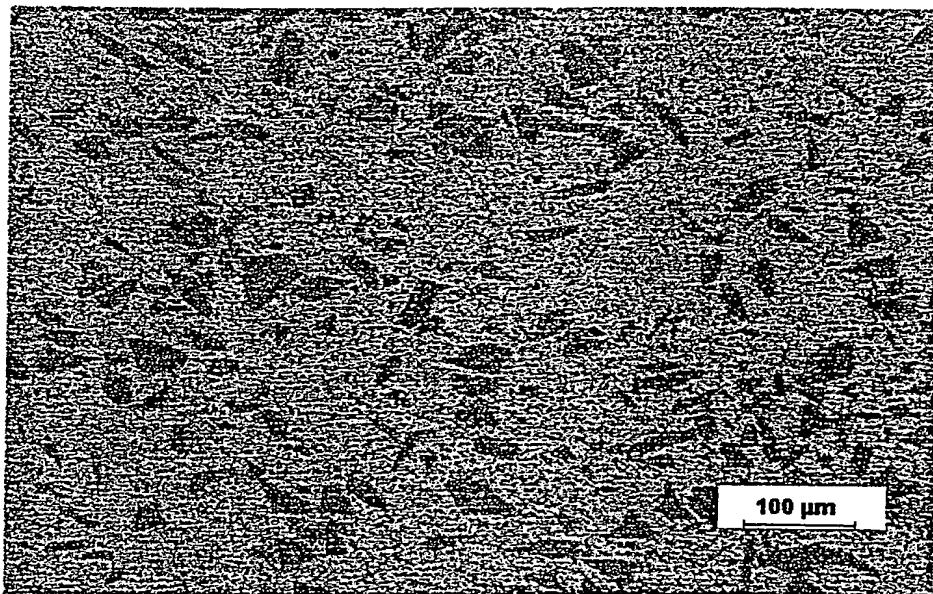


Fig. 4 : AlSi8Fe3Ni2 +20%Si-Partikel; wie stranggepreßt